

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zum Steuern einer Brennkraftmaschine

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuern einer Brennkraftmaschine mit einem Ansaugtrakt und einem Abgastrakt, der einen Dreiwege-Katalysator umfasst, und mit mindestens einem Zylinder, der mit dem Ansaugtrakt abhängig von der Stellung eines Gaseinlassventils kommuniziert und der mit dem Abgastrakt abhängig von der Stellung eines Gasauslassventils kommuniziert. Ferner ist dem mindestens einen Zylinder ein Einspritzventil zugeordnet, das Kraftstoff zumisst. Eine Sauerstoffsonde ist stromabwärts des Dreiwege-Katalysators in dem Abgastrakt angeordnet.

Immer strengere gesetzliche Vorschriften machen es bei Brennkraftmaschinen zum einen erforderlich, die Rohemissionen, hervorgerufen durch die Verbrennung des Luft/Kraftstoff-Gemisches in dem jeweiligen Zylinder, so stark wie möglich zu senken. Zum anderen sind in Brennkraftmaschinen Abgasnachbehandlungssysteme im Einsatz, die Schadstoffemissionen, die während des Verbrennungsprozesses des Luft/Kraftstoff-Gemisches in dem Zylinder erzeugt werden, in unschädliche Stoffe umwandeln. Insbesondere bei Ottomotoren wird hierzu ein Dreiwege-Katalysator eingesetzt, der sich in dem Abgastrakt der Brennkraftmaschine befindet. Ein hoher Wirkungsgrad bei der Umwandlung der Schadstoffkomponenten Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe und Stickoxide ist nur in einem engen Fenster zwischen dem stöchiometrischen Luft/Kraftstoff-Verhältnis und in etwa 6 Promille in Richtung eines Kraftstoffüberschusses gewährleistet. Zum Ausgleichen von tatsächlichen Schwankungen des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in dem jeweiligen Zylinder

sind Dreiwege-Katalysatoren mit einer Schicht aus einem Material beschichtet, welches kurzzeitig Sauerstoff speichern kann und diesen nach Bedarf bindet oder abgibt. Eine derartige Schicht wird auch als Washcoat bezeichnet und besteht beispielsweise aus Ce_2O_3 (Di-Cerium-tri-Oxid). Durch diese Washcoat-Schicht werden so Schwankungen des Luft/Kraftstoff-Gemisches und des entsprechenden Abgases in dem Katalysator kompensiert, solange die Washcoat-Schicht noch nicht ihre maximale Menge an Sauerstoff gebunden hat oder im anderen Fall kein Sauerstoff mehr in der Washcoat-Schicht gebunden ist. Werden diese Grenzen jedoch überschritten, so sinkt der Wirkungsgrad des Dreiwege-Katalysators sehr stark ab und es kommt zu erhöhten Schadstoffemissionen der Brennkraftmaschine.

Es ist bekannt, mittels des Messsignals einer Sauerstoffsonde, die stromabwärts des Dreiwege-Katalysators angeordnet ist, im Falle einer Lambdaregelung mit einer Sauerstoffsonde, die stromaufwärts des Dreiwege-Katalysators angeordnet ist, und ein binäres Messsignal erzeugt, einen P- oder I-Anteil der Regelungsparameter oder eine Verzögerungszeit des Lambda-reglers entsprechend abhängig von dem Messsignal der Sauerstoffsonde stromabwärts des Dreiwege-Katalysators anzupassen. Dies wird auch als Trimm-Regelung bezeichnet. Es hat sich jedoch gezeigt, dass trotz dieser Maßnahme, insbesondere bei alternden Dreiwege-Katalysatoren weiterhin unerwünscht hohe Schadstoffemissionen der Brennkraftmaschine auftreten können.

Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuern einer Brennkraftmaschine zu schaffen, die über eine lange Betriebsdauer der Brennkraftmaschine auf einfache Weise geringe Schadstoffemissionen gewährleisten.

Die Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die Erfindung zeichnet sich bezüglich eines ersten Aspekts aus durch ein Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung zum Steuern einer Brennkraftmaschine, bei dem eine zuzuführende Kraftstoffmasse ermittelt wird, die dem jeweiligen Zylinder zugeführt werden soll, abhängig von einer Lastgröße. Die Lastgröße kann beispielsweise ein in den jeweiligen Zylinder strömender Luftmassenstrom sein, sie kann jedoch genauso gut eine beliebige andere Lastgröße sein, wie z.B. ein von der Brennkraftmaschine zu erzeugendes Drehmoment, das beispielsweise unter anderem abhängig von der Stellung eines Fahrpedals ermittelt wird.

Eine einmalig zuzumessende Zusatzkraftstoffmasse wird ermittelt, wenn das Messsignal einer Nachkat-Sauerstoffsonde, die stromabwärts eines Dreiwege-Katalysators in einem Abgastrakt der Brennkraftmaschine angeordnet ist, charakteristisch ist für mindestens einen vorgegebenen Restsauerstoffanteil. Die Zusatzkraftstoffmasse wird in diesem Fall abhängig von dem Verlauf des Messsignals der Nachkat-Sauerstoffsonde ermittelt. Eine korrigierte zuzuführende Kraftstoffmasse wird ermittelt abhängig von der zuzuführenden Kraftstoffmasse und gegebenenfalls der einmalig zuzumessenden Kraftstoffmasse. Ein Stellsignal zum Steuern des Einspritzventils wird erzeugt abhängig von der korrigierten zuzuführenden Kraftstoffmasse. Die einmalige zuzumessende Kraftstoffmasse kann entweder innerhalb eines Arbeitsspiels eines Zylinders zugemessen werden, sie kann jedoch auch aufgeteilt auf mehrere Arbeitsspiele des Zylinders zugemessen werden. Die Erfindung nutzt die Erkenntnis, dass dann wenn das Messsignal der Nachkat-

Sauerstoffsonde charakteristisch ist für mindestens einen vorgegebenen Restsauerstoffanteil der Dreiwege-Katalysator im wesentlichen keinen zusätzlichen Sauerstoff mehr speichern kann und so ein Betrieb der Brennkraftmaschine in diesem Zustand auch bei gegebenenfalls einem Vorhandensein einer bekannten Trimm-Regelung sehr häufig immer wieder ein sogenanntes Durchbrechen des Messsignals der Nachkat-Sauerstoffsonde mit damit verbundenen Schadstoffemissionen, insbesondere NOX-Emissionen der Brennkraftmaschine auftritt.

Durch das Zumessen der einmalig zuzumessenden Kraftstoffmasse wird der Dreiwege-Katalysator in einen Zustand gebracht, in dem dann eine entsprechend vorgebbare Reserve zum Aufnehmen oder Speichern von Sauerstoff vorhanden ist und somit entsprechende Schwankungen des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in Zylindern sehr gut durch den Dreiwege-Katalysator ausgeglichen werden können und schnell eine deutliche Verringerung von Schadstoffemissionen gewährleistet ist.

Besonders einfach kann in diesem Zusammenhang die einmalige zuzumessende Kraftstoffmasse ermittelt werden, wenn das Messsignal der Nachkat-Sauerstoffsonde einen vorgegebenen ersten Schwellenwert unterschreitet. Der vorgegebene erste Schwellenwert ist dabei geeignet vorgegeben.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die einmalig zuzumessende Kraftstoffmasse derart vorgegeben, dass in etwa 50 % des in dem Dreiwege-Katalysator speicherbaren Sauerstoffs nach dem Zumessen der einmalig zuzumessenden Kraftstoffmasse verbleibt. Auf diese Weise ist nach dem Zumessen der einmalig zuzumessenden Kraftstoffmasse eine maximale Schwankungsbreite des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in

dem jeweiligen Zylinder möglich ohne einen Anstieg der Schadstoffemissionen stromabwärts des Dreiwege-Katalysators.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die einmalig zuzumessende Kraftstoffmasse von einem Schätzwert der aktuellen Sauerstoff-Speicherkapazität mittels eines physikalischen Modells des Dreiwege-Katalysators ermittelt. Auf diese Weise kann der nach dem Zumessen der einmalig zuzumessenden Kraftstoffmasse verbleibende gespeicherte Sauerstoff in dem Dreiwege-Katalysator sehr präzise eingestellt werden.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die einmalig zuzumessende Kraftstoffmasse abhängig von einem Gradienten des Messsignals der Nachkat-Sauerstoffsonde ermittelt. Der Gradient ist ein sehr guter Indikator für den Zustand des Dreiwege-Katalysators und somit, ob es sich um einen leichten oder starken Sauerstoffüberlauf handelt. Auf diese Weise kann der nach dem Zumessen der einmalig zuzumessenden Kraftstoffmasse verbleibende gespeicherte Sauerstoff in dem Dreiwege-Katalysator sehr präzise eingestellt werden.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die einmalig zuzumessende Kraftstoffmasse abhängig von einem minimalen Messwert des Messsignals ermittelt, während das Messsignal der Nachkat-Sauerstoffsonde charakteristisch ist für mindestens einen vorgegebenen Restsauerstoffanteil. Der minimale Messwert ist ein sehr guter Indikator für den Zustand des Dreiwege-Katalysators und somit, ob es sich um einen leichten oder starken Sauerstoffüberlauf handelt. Auf diese Weise kann der nach dem Zumessen der einmalig zuzumessenden Kraftstoffmasse verbleibende gespeicherte Sauer-

stoff in dem Dreiwege-Katalysator sehr präzise eingestellt werden.

Gemäß eines zweiten Aspekts zeichnet sich die Erfindung aus durch ein Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung, bei dem/der eine zuzuführende Kraftstoffmasse in den Zylinder abhängig von einer von der Lastgröße ermittelt wird, und eine einmalig verringerte Kraftstoffmasse ermittelt wird, wenn das Messsignal der Nachkat-Sauerstoffsonde charakteristisch ist für mindestens einen vorgegebenen Restkraftstoffanteil und zwar abhängig von dem Verlauf des Messsignals.

Eine korrigierte zuzuführende Kraftstoffmasse wird ermittelt abhängig von der zuzuführenden Kraftstoffmasse gegebenenfalls abzüglich der einmalig verringerten Kraftstoffmasse. Ein Stellsignal zum Steuern des Einspritzventils wird erzeugt abhängig von der korrigierten zuzuführenden Kraftstoffmasse. Dabei wird die Erkenntnis genutzt, dass dann wenn das Messsignal der Nachkat-Sauerstoffsonde charakteristisch ist für mindestens einen vorgegebenen Restkraftstoffanteil der Dreiwege-Katalysator im wesentlichen keinen Sauerstoff mehr gespeichert hat und so ein Betrieb der Brennkraftmaschine in diesem Zustand auch bei gegebenenfalls einem Vorhandensein einer bekannten Trimm-Regelung sehr häufig immer wieder ein sogenanntes Durchbrechen des Messsignals der Nachkat-Sauerstoffsonde mit damit verbundenen Schadstoffemissionen, insbesondere CO und HC-Emissionen der Brennkraftmaschine auftritt.

Durch die einmalig verringerte Kraftstoffmasse kann bei geeigneter Wahl dieser ein entsprechender, bezogen auf das stöchiometrische Luft/Kraftstoff-Verhältnis, Sauerstoffüber-

schuss erzeugt werden, der dann zu einer entsprechenden Einlagerung von Sauerstoff in dem Dreiwege-Katalysator führt. Anschließend ist in dem Dreiwege-Katalysator dann eine entsprechend vorgebbare Reserve zum Aufnehmen oder Speichern von Sauerstoff vorhanden. Somit können entsprechende Schwankungen des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in Zylindern sehr gut durch den Dreiwege-Katalysator ausgeglichen werden und es ist schnell eine deutliche Verringerung von Schadstoffemissionen gewährleistet.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des zweiten Aspekts der Erfindung wird die einmalig verringerte Kraftstoffmasse ermittelt, wenn das Messsignal der Nachkat-Sauerstoffsonde einen vorgegebenen zweiten Schwellenwert überschreitet. Dies ist besonders einfach.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung dieses Aspekts der Erfindung ist die einmalig verringerte Kraftstoffmasse derart vorgegeben, dass in etwa 50 % des in dem Dreiwege-Katalysator speicherbaren Sauerstoffs gespeichert ist, nachdem Kraftstoffmasse entsprechend um die verringerte Kraftstoffmasse verringert zugemessen wurde.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des zweiten Aspekts der Erfindung wird der Schätzwert der aktuellen Sauerstoff-Speicherkapazität des Dreiwege-Katalysators ermittelt.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des zweiten Aspekts der Erfindung wird die einmalig verringerte Kraftstoffmasse abhängig von dem Gradienten des Messsignals der Nachkat-Sauerstoffsonde ermittelt.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des zweiten Aspekts der Erfindung wird die einmalig verringerte Kraftstoffmasse abhängig von einem maximalen Wert des Messsignals ermittelt während das Messsignal der Nachkat-Sauerstoffsonde charakteristisch ist für mindestens einen vorgegebenen Restkraftstoffanteil.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind im Folgenden anhand der schematischen Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine Brennkraftmaschine mit einer Steuereinrichtung,

Figur 2 ein Blockschaltbild der Steuereinrichtung,

Figur 3 ein Ablaufdiagramm eines ersten Teils eines Programms zum Steuern der Brennkraftmaschine, und

Figur 4 einen zweiten Teil des Programms zum Steuern der Brennkraftmaschine.

Elemente gleicher Konstruktion oder Funktion sind figurenübergreifend mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

Eine Brennkraftmaschine (Figur 1) umfasst einen Ansaugtrakt 1, einen Motorblock 2, einen Zylinderkopf 3 und einen Abgas- trakt 4. Der Ansaugtrakt 4 umfasst vorzugsweise eine Drossel- klappe 6, ferner einen Sammler 7 und ein Saugrohr 8, das hin zu einem Zylinder Z1 über einen Einlasskanal in den Motor- block 2 geführt ist. Der Motorblock 2 umfasst ferner eine Kurbelwelle 10, welche über eine Pleuelstange 11 mit dem Kol- ben 12 des Zylinders Z1 gekoppelt ist.

Der Zylinderkopf 3 umfasst einen Ventiltrieb mit einem Gas-einlassventil 14, einem Gasauslassventil 15 und Ventilantriebe 16, 17. Der Zylinderkopf 3 umfasst ferner ein Einspritzventil 19 und eine Zündkerze 20. Alternativ kann das Einspritzventil 19 auch in dem Saugrohr 8 angeordnet sein.

Der Abgastrakt 4 umfasst einen Katalysator 22, der als Dreiwege-Katalysator ausgebildet ist.

Eine Steuereinrichtung 24 ist vorgesehen, der Sensoren zugeordnet sind, die verschiedene Messgrößen erfassen und jeweils den Messwert der Messgröße ermitteln. Die Steuereinrichtung 24 ermittelt abhängig von mindestens einer der Messgrößen Stellgrößen, die dann in ein oder mehrere Stellsignale zum Steuern der Stellglieder mittels entsprechender Stellantriebe umgesetzt werden.

Die Sensoren sind ein Pedalstellungsgeber 25, welcher eine Stellung eines Fahrpedals 26 erfasst, ein Luftmassenmesser 28, welcher einen Luftmassenstrom stromaufwärts der Drosselklappe 6 erfasst, ein Temperatursensor 32, welcher die Ansauglufttemperatur erfasst, ein Kurbelwellenwinkelsensor 34, welcher einen Kurbelwellenwinkel erfasst, dem dann eine Drehzahl N zugeordnet wird, eine Nachkat-Sauerstoffsonde 37, welche stromabwärts des Dreiwege-Katalysators 22 angeordnet ist und welche einen Restsauerstoffgehalt des Abgases stromabwärts des Dreiwege-Katalysators 22 erfasst. Abhängig von dem Restsauerstoffgehalt wird ein Messsignal MS, das bevorzugt ein Spannungssignal ist, an die Steuereinrichtung abgegeben. Ferner ist eine Vorkat-Sauerstoffsonde 36 vorgesehen, deren Messsignal charakteristisch ist für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis in dem Zylinder Z1. Je nach Ausführungsform der Erfindung kann eine beliebige Untermenge der genannten Senso-

ren vorhanden sein oder es können auch zusätzliche Sensoren vorhanden sein.

Die Stellglieder sind beispielsweise die Drosselklappe 6, die Gaseinlass- und Gasauslassventile 14, 15, das Einspritzventil 19 oder die Zündkerze 20.

Neben dem Zylinder Z1 sind bevorzugt auch noch weitere Zylinder Z2 bis Z4 vorgesehen, denen dann auch entsprechende Stellglieder zugeordnet sind.

Ein Blockschaltbild der Steuereinrichtung 24, die auch als Vorrichtung zum Steuern der Brennkraftmaschine bezeichnet werden kann, ist anhand der Figur 2 dargestellt. In dem Blockschaltbild sind die im Zusammenhang mit der Erfindung relevanten Blöcke der Steuereinrichtung 24 dargestellt.

Ein gestrichelt dargestellter Block B1 entspricht der Brennkraftmaschine gemäß Figur 1. Aus dem Messsignal der Vorkat-Sauerstoffsonde 36 wird ein Ist-Luft/Kraftstoff-Verhältnis LAM_{AV} in dem Zylinder Z1 - Z4 abgeleitet und einem Block B2 zugeleitet. Die Vorkat-Sauerstoffsonde 36 ist bevorzugt als lineare Lambdasonde ausgebildet, sie kann jedoch auch als einfache binäre Lambdasonde ausgebildet sein, deren Messsignal einen Magerwert hat, wenn das Luft/Kraftstoff-Verhältnis in dem Zylinder Z1 - Z4 größer ist als ein stöchiometrisches Luft/Kraftstoff-Verhältnis und deren Messsignal einen Fettwert hat, wenn das Luft/Kraftstoff-Verhältnis in dem Zylinder Z1 - Z4 kleiner ist als das stöchiometrische Luft/Kraftstoff-Verhältnis. Dem Block B2 wird ferner ein Soll-Luft/Kraftstoff-Verhältnis LAM_{SP} , das in dem Zylinder Z1 - Z4 eingestellt werden soll, zugeführt. Bevorzugt hat das Soll-Luft/Kraftstoff-Verhältnis LAM_{SP} annähernd den Wert des

stöchiometrischen Luft/Kraftstoff-Verhältnisses. Es kann jedoch auch, insbesondere im Falle einer linearen Lambdasonde mit einer Zwangsanregung versehen sein und so zyklisch um den Stöchiometriewert schwanken.

Die Differenz des Soll- und des Ist-Luft/Kraftstoff-Verhältnisses LAM_SP, LAM_AV wird einem Regler, der in dem Block B2 ausgebildet ist, zugeführt. Der Regler hat einen Integral-Regelparameter und einen Proportionalregelparameter und ist als ein dem Fachmann bekannter Lambdaregler ausgebildet. Die Stellgröße des Reglers in dem Block B2 ist ein Lambdaregelfaktor LAM_FAC.

In einem Block B4 wird abhängig von einer Lastgröße, die bevorzugt eine Luftmasse MAF in dem jeweiligen Zylinder Z1 - Z4 der Brennkraftmaschine und eine Drehzahl N der Kurbelwelle sind, eine zuzumessende Kraftstoffmasse MFF ermittelt. Die Luftmasse MAF in dem jeweiligen Zylinder Z1 - Z4 wird bevorzugt mittels eines physikalischen Modells abhängig von der Drosselklappenstellung, die von dem Drosselklappenstellungssensor 30 ermittelt wird, der Drehzahl N und gegebenenfalls weiteren Größen wie beispielsweise dem Saugrohrdruck oder dem erfassten Luftmassenstrom stromaufwärts der Drosselklappe ermittelt.

Alternativ kann die Lastgröße jedoch auch eine andere Größe, wie beispielsweise ein von der Brennkraftmaschine abzugebendes Drehmoment sein, das bevorzugt abhängig von der Fahrpedalstellung und gegebenenfalls weiteren Größen ermittelt wird.

Ferner ist ein Block B8 vorgesehen, dem das Messsignal MS der Nachkat-Sauerstoffsonde 37 zugeführt wird. In dem Block B8

wird abhängig von dem Messsignal MS der Nachkat-Sauerstoffsonde 37 gegebenenfalls eine einmalig zuzumessende Kraftstoffmasse MFF_ADD oder eine einmalig verringerte Kraftstoffmasse MFF_RED ermittelt. Dazu wird in dem Block B8 ein Programm abgearbeitet, das weiter unten anhand der Figuren 3 und 4 näher erläutert ist.

Eine korrigierte zuzumessende Kraftstoffmasse MFF_COR wird in einem Block B5 mittels einer korrigierten zuzuführenden Kraftstoffmasse MFF_COR ermittelt durch Multiplikation des Lambda-regelfaktors LAM_FAC mit der Summe oder der Differenz der zuzumessenden Kraftstoffmasse und der einmalig zuzumessenden Kraftstoffmasse bzw. der einmalig verringerten Kraftstoffmasse MFF_RED ermittelt. Alternativ kann in dem Block B5 auch das Produkt der zuzumessenden Kraftstoffmasse MFF und des Lambda-regelfaktors LAM_FAC addiert werden zu der einmalig zuzumessenden Kraftstoffmasse bzw. der einmalig verringerten Kraftstoffmasse MFF_RED.

In einem Block B6 wird dann abhängig von der korrigierten zuzumessenden Kraftstoffmasse MFF_COR ein Stellsignal SG für das oder die Einspritzventile 19 erzeugt und die Einspritzventile 19 entsprechend angesteuert.

Das Programm, das in dem Block B8 abgearbeitet wird, wird in einem Schritt S1, bevorzugt zeitnah zum Start der Brennkraftmaschine, gestartet. In dem Schritt S1 werden bevorzugt Variablen initialisiert, wie beispielsweise ein Zähler i oder ein weiterer Zähler j. Die Zähler i, j werden bevorzugt mit dem Wert 1 belegt.

In einem Schritt S2 wird geprüft, ob der aktuelle Wert des Messsignals MS kleiner ist als ein vorgegebener erster

Schwellenwert THD1. Der erste Schwellenwert THD1 ist geeignet so gewählt, dass er charakteristisch ist für mindestens einen vorgegebenen Restsauerstoffanteil des Abgases im Bereich der Nachkat-Sauerstoffsonde 37. Als Nachkat-Sauerstoffsonde ist bevorzugt eine binäre Lambdasonde im Einsatz, deren Messsignal bevorzugt ein Spannungssignal ist. Der erste Schwellenwert beträgt dann beispielsweise in etwa 550 mV.

Ist die Bedingung des Schrittes S2 erfüllt, so wird der aktuelle Wert des Messsignals MS der Nachkat-Sauerstoffsonde 37 an einer durch den Wert des Zählers i bestimmten Speicherplatz für das Messsignal MS zwischengespeichert. Anschließend wird in einem Schritt S4 der Zähler i inkrementiert, bevorzugt um 1.

In einem Schritt S6 wird geprüft, ob der Zähler i einen Wert größer als ein minimaler Zählerwert i_{\min} des Zählers i hat. Der minimale Zählerwert i_{\min} kann beispielsweise zwei betragen. Ist die Bedingung des Schrittes S6 nicht erfüllt, so verharret das Programm in einem Schritt S5 für eine vorgegebene Wartezeitdauer T_W , bevor die Bedingung des Schrittes S2 erneut geprüft wird.

Ist die Bedingung des Schrittes S6 erfüllt, so wird in einem Schritt S7 ein Gradient GRAD_MS des Messsignals MS der Nachkat-Sauerstoffsonde 37 abhängig von den zwischengespeicherten Werten des Messsignals MS ermittelt. Unter dem Gradienten GRAD_MS wird in diesem Zusammenhang die zeitliche Änderung, d.h. die zeitliche Ableitung des Messsignals MS verstanden. Der Gradient GRAD_MS kann auf unterschiedliche Weise ermittelt werden, so z.B. kann der Gradient den zeitlichen Abfall des Messsignals MS direkt nach Unterschreiten des ersten Schwellenwerts THD1 bezeichnen und somit charakteristisch

sein für die Geschwindigkeit, mit der sich das Messsignal MS verringert. Er kann jedoch auch entsprechend ermittelt werden, dass er charakteristisch ist für die Geschwindigkeit eines Anstiegs des Wertes des Messsignals hin zu dem ersten Schwellenwert THD1.

In einem anschließenden Schritt S8 wird ein minimaler Wert MIN_MS des Messsignals MS der Nachkat-Sauerstoffsonde 37 abhängig von den zwischengespeicherten Werten des Messsignals MS der Nachkat-Sauerstoffsonde 37 ermittelt.

Anschließend wird in einem Schritt S10 bevorzugt ein Schätzwert OSC der aktuellen Sauerstoff-Speicherkapazität des Dreiwege-Katalysators 22 ermittelt. Alternativ kann der Schätzwert OSC der aktuellen Sauerstoff-Speicherkapazität des Dreiwege-Katalysators 22 auch von einem anderen Programm, das in der Steuereinrichtung 24 abgearbeitet wird, zu gegebenenfalls anderen Zeitpunkten ermittelt werden und in dem Schritt S10 lediglich eingelesen werden. Der Schätzwert OSC der Sauerstoff-Speicherkapazität des Dreiwege-Katalysators 22 wird bevorzugt mittels eines physikalischen Modells ermittelt. Gegebenenfalls erfolgt zu diesem Zweck, insbesondere im Falle einer linearen Lambdasonde als Vorkat-Sauerstoffsonde, eine Zwangsanregung mit einer erhöhten Amplitude, um so die aktuelle Sauerstoff-Speicherkapazität des Dreiwege-Katalysators 22 zu überprüfen und zu ermitteln.

In einem anschließenden Schritt S11 wird dann die einmalig zuzumessende Kraftstoffmasse MFF_ADD abhängig von dem Gradienten GRAD_MS des Messsignals MS der Nachkat-Sauerstoffsonde 37 und/oder dem minimalen Wert MIN_MS des Messsignals MS der Nachkat-Sauerstoffsonde 37 und/oder dem Schätzwert OSC der aktuellen Sauerstoff-Speicherkapazität des

Dreiwege-Katalysators 22 ermittelt. Dies erfolgt bevorzugt wahlweise mittels eines oder mehrerer Kennfelder, die vorab durch Versuche oder auch Simulationen ermittelt wurden.

Bevorzugt wird so die zusätzlich zuzumessende Kraftstoffmasse MFF_ADD derart ermittelt, dass nach dem Zumessen der einmalig zuzumessenden Kraftstoffmasse MFF_ADD der in dem Dreiwege-Katalysator 22 gespeicherte Sauerstoff in etwa 50 % des maximal in dem Dreiwege-Katalysators 22 aktuell speicherbaren Sauerstoffs beträgt. In einer besonders einfachen Ausgestaltung des Programms kann die einmalig zuzumessende Kraftstoffmasse MFF_AD auch fest vorgegeben sein.

In einem anschließenden Schritt S12 wird der Zähler i wieder mit dem Wert 1 initialisiert und anschließend die Bearbeitung in dem Schritt S5 fortgesetzt.

Ist die Bedingung des Schrittes S2 nicht erfüllt, d.h. der aktuelle Wert des Messsignals MS ist nicht kleiner als der vorgegebene erste Schwellenwert THD1, so wird in einem Schritt S14 der Zähler i wieder mit dem Wert 1 initialisiert.

Im Anschluss an den Schritt S14 wird die Bearbeitung in einem Schritt S15 fortgesetzt, in dem geprüft wird, ob das aktuelle Messsignal MS größer ist als ein vorgegebener zweiter Schwellenwert THD2. Der zweite Schwellenwert THD2 ist geeignet so vorgegeben, dass bei Überschreiten des Messsignals MS der Nachkat-Sauerstoffsonde 37 des zweiten Schwellenwertes THD2 das Messsignal MS charakteristisch ist für mindestens einen vorgegebenen Restkraftstoffanteil des Abgases stromabwärts des Dreiwege-Katalysators 22.

Ist die Bedingung des Schrittes S15 nicht erfüllt, so wird in einem Schritt S22 der Zähler j initialisiert, bevorzugt mit

eins. Anschließend wird die Bearbeitung in dem Schritt S5 fortgesetzt.

Ist die Bedingung des Schrittes S15 erfüllt, so wird in einem Schritt S16 der aktuelle Wert des Messsignals MS der Nachkat-Sauerstoffsonde 37 in einem durch den Zähler j bestimmten Speicherplatz für das Messsignal MS zwischengespeichert. In einem Schritt S18 wird dann der Zähler j um den Wert inkrementiert, bevorzugt um den Wert 1.

In einem Schritt S20 wird geprüft, ob der Zähler j größer ist als ein minimaler Zählerwert j_{\min} für den Zähler j, der zum Beispiel zwei beträgt. Ist dies nicht der Fall, so wird die Bearbeitung in dem Schritt S5 fortgesetzt.

Ist die Bedingung des Schrittes S20 hingegen erfüllt, so wird in einem Schritt S21 entsprechend dem Schritt S7 der Gradient GRAD_MS des Messsignals MS ermittelt. Dabei kann es hier insbesondere vorteilhaft sein, die Geschwindigkeit des Anstiegs des Messsignals MS nach Überschreiten des zweiten Schwellenwerts THD2 zu ermitteln.

Anschließend wird in einem Schritt S23 der maximale Wert MAX_MS des Messsignals MS der Nachkat-Sauerstoffsonde 37 entsprechend dem Vorgehen des Schrittes S8 ermittelt.

Anschließend wird in einem Schritt S24 ein Schätzwert OSC der aktuellen Sauerstoff-Speicherkapazität des Dreiwege-Katalysators 22 entsprechend dem Schritt S10 ermittelt. Anschließend wird in einem Schritt S26 eine einmalig verringerte Kraftstoffmasse MFF_RED abhängig von dem Gradienten GRAD_MS des Messsignals MS der Nachkat-Sauerstoffsonde 37 und/oder dem maximalen Wert MAX_MS des Messsignals MS und/oder dem Schätz-

wert OSC der aktuellen Sauerstoff-Speicherkapazität des Dreiwege-Katalysators 22 ermittelt. Dies erfolgt analog zu dem Schritt S11 bevorzugt mittels eines oder mehrerer Kennfelder und zwar bevorzugt derart, dass durch das einmalige Reduzieren der zuzumessenden Kraftstoffmasse sich nach dem erfolgten einmaligen Reduzieren der zuzumessenden Kraftstoffmasse in dem Dreiwege-Katalysator in etwa 50 % des maximal dort speicherbaren Sauerstoffs befindet. Alternativ kann auch in dem Schritt S26 die einmalig verringerte Kraftstoffmenge MFF_RED fest vorgegeben sein.

In einem Schritt S27 wird dann der Zähler j wieder mit dem Wert 1 initialisiert. Anschließend wird die Bearbeitung in dem Schritt S5 fortgesetzt.

Die einmalige zuzumessende Kraftstoffmasse MFF_ADD kann entweder während eines Arbeitsspiels des jeweiligen Zylinders Z1 - Z4 zusätzlich zu der Kraftstoffmasse MFF zugemessen werden oder auch verteilt über mehrere Arbeitsspiele des Zylinders Z1 - Z4. Darüber hinaus kann alternativ in dem Block B5 auch lediglich die zuzumessende Kraftstoffmasse MFF mit dem Lambdaregelfaktor LAM_FAC multipliziert werden und dann zu diesem Produkt gegebenenfalls die einmalig zuzumessende Kraftstoffmasse MFF addiert werden oder die einmalig zu verringernde Kraftstoffmasse MFF_RED abgezogen werden. Auch kann die einmalig verringerte Kraftstoffmasse MFF_RED innerhalb eines Arbeitsspiels des jeweiligen Zylinders Z1 - Z4 eingestellt werden oder über mehrere Arbeitsspiele. Sie kann darüber hinaus auch und dies gilt auch für die einmalig zuzumessende Kraftstoffmasse MFF_AD, verteilt über mehrere Einspritzventile, die verschiedenen Zylinder Z1 - Z4 zugeordnet sind, zugemessen werden oder verringert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern einer Brennkraftmaschine mit einem Ansaugtrakt (1) und einem Abgastrakt (4), der einen Dreiwege-Katalysator (22) umfasst, und mit mindestens einem Zylinder (Z1 - Z4), der mit dem Ansaugtrakt (1) abhängig von der Stellung eines Gaseinlassventils (14) kommuniziert und der mit dem Abgastrakt (4) abhängig von der Stellung eines Gasauslassventils (15) kommuniziert und einen dem Zylinder (Z1 - Z4) zugeordneten Einspritzventil (19), das Kraftstoff zumisst, einer Nachkat-Sauerstoffsonde (37), die stromabwärts des Dreiwege-Katalysators (22) in dem Abgastrakt (4) angeordnet ist, bei dem
 - eine zuzuführende Kraftstoffmasse (MFF) ermittelt wird, die dem jeweiligen Zylinder (Z1 - Z4) zugeführt werden soll, abhängig von einer Lastgröße,
 - eine einmalig zuzumessende Kraftstoffmasse (MFF_ADD) ermittelt wird, wenn das Messsignal (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37) charakteristisch ist für mindestens einen vorgegebenen Restsauerstoffanteil, und zwar abhängig von dem Verlauf des Messsignals (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37),
 - eine korrigierte zuzuführende Kraftstoffmasse (MFF_COR) ermittelt wird abhängig von der zuzuführenden Kraftstoffmasse (MFF) und gegebenenfalls der einmalig zuzumessenden Kraftstoffmasse (MFF_ADD) und
 - ein Stellsignal zum Steuern des Einspritzventils (19) erzeugt wird abhängig von der korrigierten zuzuführenden Kraftstoffmasse (MFF_COR).
2. Verfahren nach Anspruch 1,
bei dem die einmalig zuzumessende Kraftstoffmasse (MFF_ADD) ermittelt wird, wenn das Messsignal (MS) der

Nachkat-Sauerstoffsonde (37) einen vorgegebenen ersten Schwellenwert (THD1) unterschreitet.

3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die einmalig zuzumessende Kraftstoffmasse (MFF_ADD), derart vorgegeben ist, dass in etwa 50 % des in dem Dreiwege-Katalysator (22) speicherbaren Sauerstoffs nach dem Zumessen der einmalig zuzumessenden Kraftstoffmasse (MFF_ADD) verbleibt.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die einmalig zuzumessende Kraftstoffmasse (MFF_ADD) abhängig von einem Schätzwert (OSC) der aktuellen Sauerstoff-Speicherkapazität des Dreiwege-Katalysators (22) ermittelt wird.
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die einmalig zuzumessende Kraftstoffmasse (MFF_ADD) abhängig von einem Gradienten (GRAD_MS) des Messsignals (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37) ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die einmalig zuzumessende Kraftstoffmasse (MFF_ADD) abhängig von einem minimalen Wert (MIN_MS) des Messsignals (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37) ermittelt wird, während das Messsignal (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37) charakteristisch ist für mindestens einen vorgegebenen Restsauerstoffanteil.
7. Verfahren zum Steuern einer Brennkraftmaschine mit einem Ansaugtrakt (1) und einem Abgastrakt (4), der einen Dreiwege-Katalysator (22) umfasst, und mit mindestens einem

Zylinder (Z1 - Z4), der mit dem Ansaugtrakt (1) abhängig von der Stellung eines Gaseinlassventils (14) kommuniziert und der mit dem Abgastrakt (4) abhängig von der Stellung eines Gasauslassventils (15) kommuniziert und einen dem Zylinder (Z1 - Z4) zugeordneten Einspritzventil (19), das Kraftstoff zumisst, einer Nachkat-Sauerstoffsonde (37), die stromabwärts des Dreiwege-Katalysators (22) in dem Abgastrakt (4) angeordnet ist, bei dem

- eine einmalig verringerte Kraftstoffmasse (MFF_RED) ermittelt wird, wenn das Messsignal (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37) charakteristisch ist für mindestens einen vorgegebenen Restkraftstoffanteil, und zwar abhängig von dem Verlauf des Messsignals (37) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37),
- eine korrigierte zuzuführende Kraftstoffmasse (MFF_COR) ermittelt wird abhängig von der zuzuführenden Kraftstoffmasse (MFF) und gegebenenfalls abzüglich der einmalig verringerten Kraftstoffmasse (MFF_RED) und
- ein Stellsignal zum Steuern des Einspritzventils (19) erzeugt wird abhängig von der korrigierten zuzuführenden Kraftstoffmasse (MFF_COR).

8. Verfahren nach Anspruch 7,

bei dem die einmalig verringerte Kraftstoffmasse (MFF_RED) ermittelt wird, wenn das Messsignal (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37) einen vorgegebenen zweiten Schwellenwert (THD2) überschreitet.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8,

bei dem die einmalig verringerte Kraftstoffmasse (MFF_RED) derart vorgegeben ist, dass in etwa 50 % des in dem Dreiwege-Katalysator (22) speicherbaren Sauerstoffs gespeichert ist, nachdem Kraftstoffmasse entsprechend um die

verringerte Kraftstoffmasse (MFF_RED) verringert zugemessen wurde.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, bei dem die einmalig verringerte Kraftstoffmasse (MFF_RED) abhängig von einem Schätzwert (OSC) der aktuellen Sauerstoff-Speicherkapazität des Dreiwege-Katalysators ermittelt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, bei dem die einmalig verringerte Kraftstoffmasse (MFF_RED) abhängig von einem Gradienten (GRAD_MS) des Messsignals (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37) ermittelt wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, bei dem die einmalig verringerte Kraftstoffmasse (MFF_RED) abhängig von einem maximalen Wert (MAX_MS) des Messsignals (MS) ermittelt wird, während das Messsignal (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37) charakteristisch ist für mindestens einen vorgegebenen Restkraftstoffanteil.
13. Vorrichtung zum Steuern einer Brennkraftmaschine mit einem Ansaugtrakt (1) und einem Abgastrakt (4), der einen Dreiwege-Katalysator (22) umfasst, und mit mindestens einem Zylinder (Z1 - Z4), der mit dem Ansaugtrakt (1) abhängig von der Stellung eines Gaseinlassventils (14) kommuniziert und der mit dem Abgastrakt (4) abhängig von der Stellung eines Gasauslassventils (15) kommuniziert und einen dem Zylinder (Z1 - Z4) zugeordneten Einspritzventil (19), das Kraftstoff zumsst, einer Nachkat-Sauerstoffsonde (37), die stromabwärts des Dreiwege-Katalysators (22) in dem Abgastrakt (4) angeordnet ist, wobei die Vorrichtung Mittel aufweist, die

- eine zuzuführende Kraftstoffmasse (MFF) ermitteln, die dem jeweiligen Zylinder (Z1 - Z4) zugeführt werden soll, abhängig von einer Lastgröße,
- eine einmalig zuzumessende Kraftstoffmasse (MFF_ADD) ermitteln, wenn das Messsignal (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37) charakteristisch ist für mindestens einen vorgegebenen Restsauerstoffanteil, und zwar abhängig von dem Verlauf des Messsignals (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37),
- eine korrigierte zuzuführende Kraftstoffmasse (MFF_COR) ermitteln abhängig von der zuzuführenden Kraftstoffmasse (MFF) und gegebenenfalls der einmalig zuzumessenden Kraftstoffmasse (MFF_ADD) und
- ein Stellsignal zum Steuern des Einspritzventils (19) erzeugen abhängig von der korrigierten zuzuführenden Kraftstoffmasse (MFF_COR).

14. Vorrichtung zum Steuern einer Brennkraftmaschine mit einem Ansaugtrakt (1) und einem Abgastrakt (4), der einen Dreiwege-Katalysator (22) umfasst, und mit mindestens einem Zylinder (Z1 - Z4), der mit dem Ansaugtrakt (1) abhängig von der Stellung eines Gaseinlassventils (14) kommuniziert und der mit dem Abgastrakt (4) abhängig von der Stellung eines Gasauslassventils (15) kommuniziert und einen dem Zylinder (Z1 - Z4) zugeordneten Einspritzventil (19), das Kraftstoff zumisst, einer Nachkat-Sauerstoffsonde (37), die stromabwärts des Dreiwege-Katalysators (22) in dem Abgastrakt (4) angeordnet ist, wobei die Vorrichtung Mittel aufweist, die
- eine einmalig verringerte Kraftstoffmasse (MFF_RED) ermitteln, wenn das Messsignal (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37) charakteristisch ist für mindestens

einen vorgegebenen Restkraftstoffanteil, und zwar abhängig von dem Verlauf des Messsignals (37) der Nachkatsauerstoffsonde (37),

- eine korrigierte zuzuführende Kraftstoffmasse (MFF_COR) ermitteln abhängig von der zuzuführenden Kraftstoffmasse (MFF) und gegebenenfalls abzüglich der einmalig verringerten Kraftstoffmasse (MFF_RED) und
- ein Stellsignal zum Steuern des Einspritzventils (19) erzeugen abhängig von der korrigierten zuzuführenden Kraftstoffmasse (MFF_COR).

1/3

FIG 1

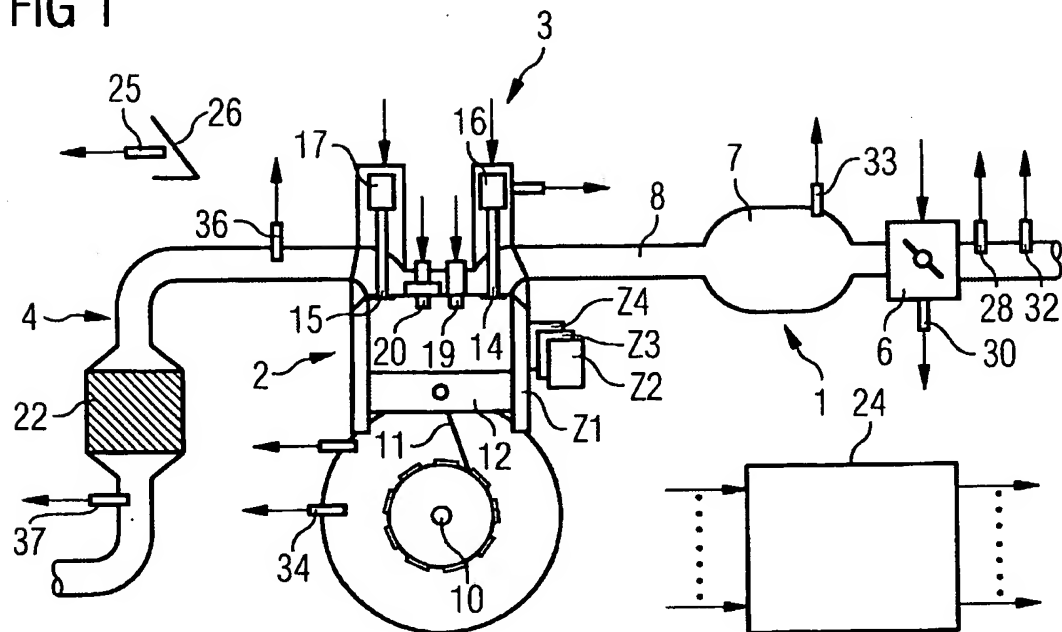


FIG 2

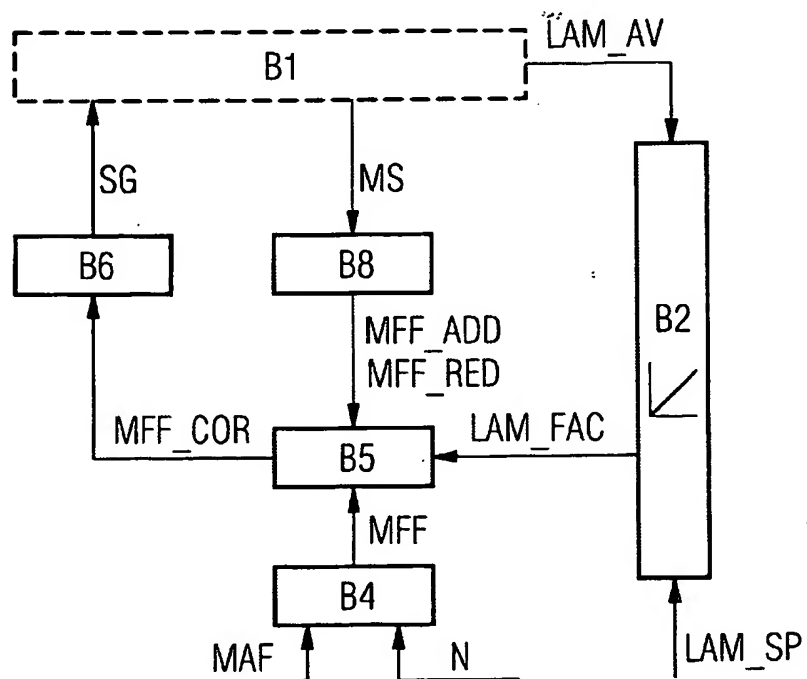


FIG 3

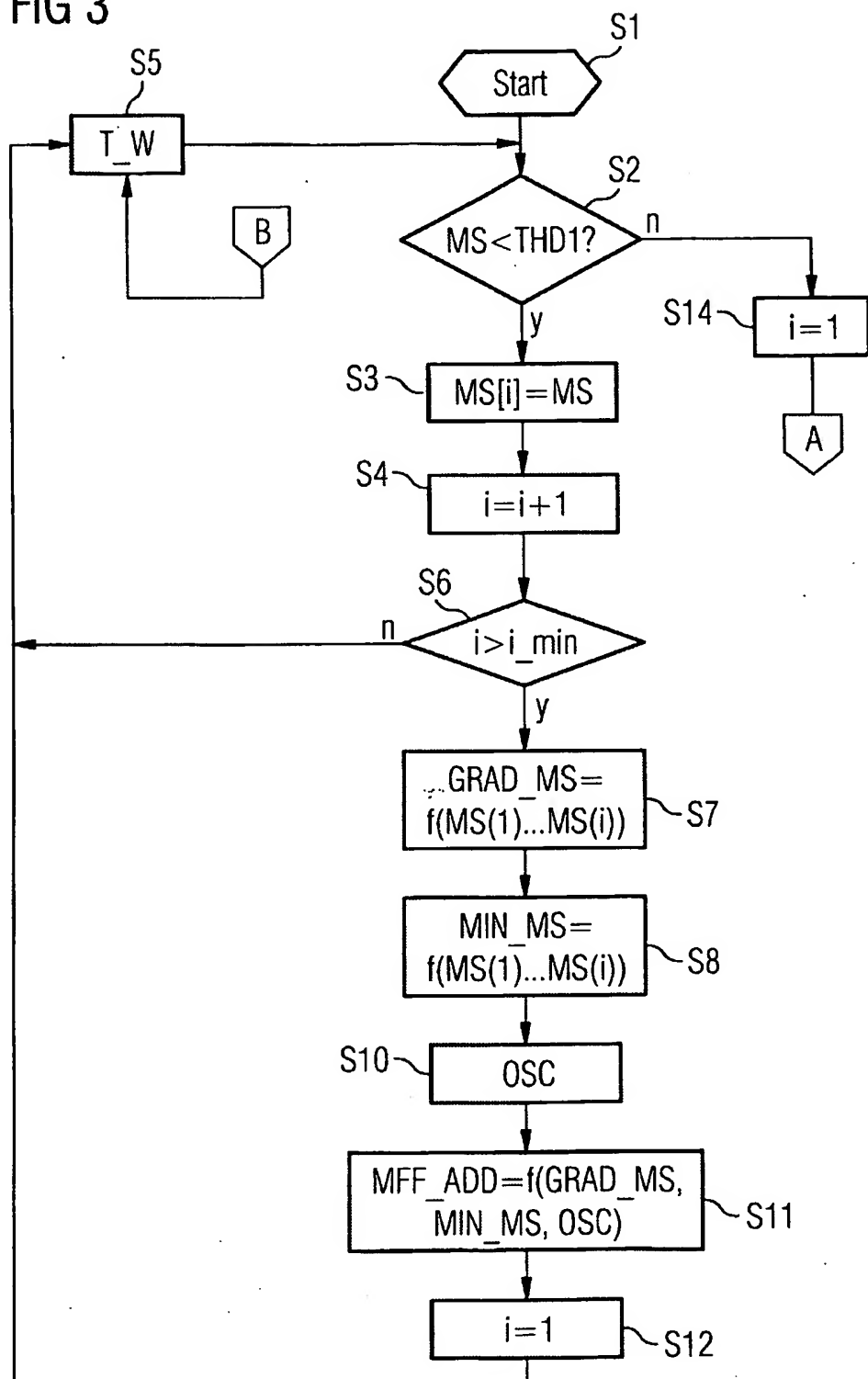


FIG 4

